

特 约 稿 件

Invited Paper

我国玉米病虫害发生现状、趋势与防控对策

王振营^{1*}, 王晓鸣^{2*}

(1. 中国农业科学院植物保护研究所, 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193;

2. 中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要 近年来,随着我国农业种植结构的调整和耕作栽培方式的转变,玉米品种选育加快,种植面积迅速增加,玉米病虫害发生一直呈加重趋势,一些次要病虫害在全国范围或局部地区为害不断加重,上升为主要病虫害,生产上还出现了一些新发病虫害,对玉米安全生产构成了威胁。本文总结了我国玉米重要病虫害的发生现状,并对发生趋势进行了分析,目前生产上的重要病虫害如亚洲玉米螟、桃蛀螟、棉铃虫以及黏虫为害加重并将持续发生;土传病害玉米茎腐病、穗腐病等危害将持续加重;风险性叶斑病玉米大斑病、南方锈病等仍在流行,未来不可忽视;还需关注未来危害性具有上升趋势的病虫害。提出了相应的防控对策。

关键词 玉米病虫害; 发生; 现状; 趋势; 防控对策

中图分类号: S 435.13 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018442

Current status and management strategies for corn pests and diseases in China

WANG Zhenying¹, WANG Xiaoming²

(1. *State Key Laboratory for Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China*; 2. *Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China*)

Abstract The problems with diseases and insect pests in corn have been steadily increased in recent years due to the change of corn varieties, rapidly increased planting acreage, and the adjustments of cropping systems in China. Some secondary diseases and insect pests of corn become the primary problems in some regions or nationwide. In the meantime, some emerging diseases and insect pests become a serious threat to the corn production. This review 1) summarized the current status and management strategies for corn diseases and insect pests in China, and 2) projected the future trend. Specifically, the major corn diseases and insect pests, such as the Asian corn borer, yellow peach moth, cotton bollworm, and the oriental armyworm will stay and continue. Soil-borne diseases, such as stalk rot and ear rot, will persist or increase. The epidemics of northern leaf blight and southern rust will continue, and should not be overlooked. IPM strategies to mitigate corn diseases and insect pests were proposed.

Key words corn diseases and insect pests; occurrence; current status; future trend; IPM strategy

玉米是我国重要的粮食作物,更是重要的饲料作物,在发展我国的畜牧业和水产养殖业中具有战略性意义,在医药、化工方面也有广泛用途。因此,随着社会对玉米需求量的增加,玉米的播种面积自 21 世纪初快速增长,据国家统计局发布的调查数据,2012 年玉米播种面积为 3 503 万 hm^2 ,总产量 20 561.4 万 t,超过水稻产量,成为我国第一大粮食作物;2015 年

玉米播种面积和总产双双创历史新高,分别达到 3 811.9 万 hm^2 和 22 463.2 万 $\text{t}^{[1]}$ 。近 10 年来,伴随着农业种植业结构调整和耕作栽培方式转变(秸秆还田、免耕直播、地膜覆盖等)、玉米品种更新换代和种植面积及地域的扩大、全球性气候变暖,玉米病虫害发生持续呈加重趋势,2011 年全国玉米病虫害发生面积为 7 165.7 万 hm^2 次,2012 年快速上升至

收稿日期: 2018-10-12

基金项目: 粮食丰产增效科技创新重点专项(2016YFD0300704);现代农业产业技术体系专项资金(CARS-02)

* 通信作者 E-mail: zywang@ippcaas.cn, wangxiaoming@caas.cn

8 101.79 万 hm^2 次,2013 年为 8 157.5 万 hm^2 次,达到了历史新高,2014 年略有下降,但在 2015 年仍高达 7 753 万 hm^2 次^[2-4];玉米主要病虫害带来的产量损失总量自 2010 年开始已持续超过了水稻病虫害引发的水稻产量损失总量^[5];玉米生产环境及气候的变化导致一些重要病虫害的发生规律改变、危害加重,一些得到控制的病虫害再次猖獗危害,一些次要病虫害在全国范围或局部地区危害不断加重,甚至上升为主要病虫害,并出现了一些新的病虫害,对玉米安全生产构成了威胁^[6-7]。研究表明,随着全球温度的上升,水稻、玉米和小麦上的害虫为害将加剧,若气温提升 1°C ,虫害引发的损失将提高 $10\%\sim 25\%$,而对主要在温带地区种植的玉米和小麦影响更大,当气温提升 2°C 时,预计中国玉米减产将达 23% ,美国玉米减产更将高达 32% ^[8]。为了更有针对性地控制玉米病虫害的危害,我们对中国玉米病虫害的发生现状进行了综述,对其发生趋势做了预测,并提出了防控对策。

1 当前生产上危害严重的病虫害

1.1 蛀穗害虫及黏虫为害加重并将持续发生

1.1.1 亚洲玉米螟是玉米生产中最严重的生物胁迫问题

亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (以下简称玉米螟)一直是我国玉米上最重要的害虫。近年来,随着全球气候变暖、玉米种植面积和密度的增加以及东北春玉米区大量秸秆得不到及时处理,加之该区域玉米播种期提前和晚熟品种推广,为玉米螟越冬种群基数的扩张、世代数增加和为害期的延长提供了适宜的环境和良好的寄主条件,导致玉米螟为害加重,大发生频率增加。东北春玉米区玉米螟大发生周期由 20 世纪 80 年代前的 10 年左右缩短至 20 世纪 80 年代后的 5 年左右,近年来更是每 1~2 年就有一次大发生。2003 年以来,全国玉米螟的发生呈持续上升趋势,常年发生面积在 2 000 万 hm^2 以上,2012 年总体偏重发生,全国发生面积达 2 426 万 hm^2 ,自 2003 年以来呈逐年持续上升态势^[2]。2013—2018 年,全国玉米螟年发生面积稳定在 2 300 万 hm^2 ^[9]。自 2008 年以来,黑龙江省的玉米螟一直呈偏重发生至大发生的态势,年发生面积为 260 万~400 万 hm^2 ,造成了严重的产量损失。全球气候变暖导致玉米螟的发生世代在一些地区出现了显著的变化:属第二积温带的黑龙江齐齐哈尔,历史记载为 1 代玉米螟

发生区,而目前则为完全 2 代或不完全 2 代区^[10];黑龙江哈尔滨也从 1 代区变为 1、2 代混合发生区^[11];吉林省原为 1 代区的伊通县和集安市变为了 1.5 代区,原为 2 代区的双辽市和梨树县出现第 3 代低龄幼虫,已变为 2 代为主兼 2.5 代发生区^[12];辽宁省沈阳地区由传统的 2 代区转变为 2、3 代混生区^[13]。玉米螟在东北春玉米区发育代数增加,直接导致该区域玉米螟幼虫为害的加重。在黄淮海夏玉米区,由于大面积实施秸秆还田,玉米螟的越冬基数下降,加之春播寄主面积较少,2 代玉米螟在夏玉米心叶期为害比较轻,但由于农户多不进行防治,使得 3 代种群数量上升,导致穗期玉米螟为害偏重发生的年份增多,2012 年、2013 年、2015 年和 2016 年 3 代玉米螟在该区多数省份中等至偏重发生。玉米螟近年来在新疆南疆和北疆玉米主产区呈整体暴发态势,已严重影响新疆玉米的安全生产和玉米种植业的持续健康发展^[14]。

玉米螟为害的加重,不仅带来重大的直接生产损失,也明显增加了玉米各类穗腐病的发生^[15],引发了更大的病虫害威胁。

根据目前玉米螟的发生情况和采取的防治措施,1、2 代玉米螟在东北春玉米区、新疆南疆及伊犁河谷地区中等偏重到大发生、3 代玉米螟在黄淮海中等偏重发生的态势将持续下去,直到我国批准转基因抗虫玉米的商业化种植为止。

1.1.2 桃蛀螟为害加重,发生区域将继续扩大

20 世纪 90 年代后期以来,桃蛀螟 *Conogethes punctiferalis* 在黄淮海和西南玉米区的为害逐渐加重^[16]。在黄淮海地区,虫害发生严重的田块中,桃蛀螟种群数量与为害程度已超过玉米螟,成为该区玉米穗期的主要害虫,2015 年河北香河玉米穗期调查桃蛀螟平均百株 72 头,最高 563 头,南皮县桃蛀螟最高地块百株 63 头,远大于玉米螟数量^[4],河南原阳夏玉米穗期桃蛀螟的百株虫量达 246 头,果穗受害率 83.3% ^[17]。在黄淮海夏玉米区,已形成桃蛀螟与玉米螟、棉铃虫混合发生为害的态势^[4,18-19]。桃蛀螟主要聚集在玉米果穗上取食为害,不仅造成直接产量损失,还可加重穗腐病发生,导致玉米籽粒品质明显降低,造成更大的经济损失^[6,20-21]。田间调查表明,桃蛀螟对玉米的为害已经扩展到北方春玉米区的河北省承德以及辽宁省营口、朝阳等地,其北扩趋势值得注意。

根据近年来桃蛀螟的田间发生调查结果,桃蛀

螟在黄淮海夏玉米区的为害将呈加重趋势。

1.1.3 棉铃虫为害上升,局地对玉米生产影响明显

自 20 世纪 80 年代后期以来,棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 在黄淮海夏玉米区蛀穗为害十分严重。90 年代后期,由于黄淮海地区转基因抗虫棉的大面积种植,有效控制了 3 代棉铃虫种群数量,玉米穗期棉铃虫为害减轻^[22]。近年来,由于黄淮海地区棉花种植面积大幅减少,导致玉米田棉铃虫发生面积呈逐年上升趋势^[23],加之该区域小麦收获后免耕直播玉米,麦田中 1 代棉铃虫在土壤中化蛹后种群数量增大,成虫羽化后正值夏玉米心叶初期,直接在玉米心叶中产卵,造成 2 代棉铃虫对玉米幼叶的为害加重;随后,3 代和 4 代棉铃虫继续在玉米田为害,特别是 4 代棉铃虫的幼虫在夏玉米果穗上取食花丝、穗尖幼嫩组织和籽粒,加重了玉米穗腐病的发生^[15,24]。2012 年全国玉米田棉铃虫发生面积为 422 万 hm^2 次,2013 年为 668.9 万 hm^2 次,2014 年为 501.5 万 hm^2 次,2015 年为 474 万 hm^2 次,2016 年为 493.4 万 hm^2 次,在黄淮海玉米区一直呈偏重发生。玉米田棉铃虫发生面积与抗虫棉种植面积呈显著负相关,随着转基因抗虫棉对棉铃虫控制能力的下降,当棉铃虫种群数量积累到一定程度,必定会出现大发生的境况^[23]。2017 年,棉铃虫在北方春玉米区和黄淮海夏玉米区严重发生,与虫量上升有一定关系,同时也与近年花生在黄淮海种植面积大幅增加导致棉铃虫种群数量增大有关。近年来,2~4 代棉铃虫在玉米上都有为害,发生为害范围也逐渐扩大。棉铃虫在甘肃河西走廊对玉米的为害加重^[25],北方春玉米区的辽宁、吉林和内蒙古等地玉米穗期均出现了棉铃虫的为害。

根据对近期棉铃虫发生区域、种群数量的调查,预计在未来 5~10 年间,其对玉米的为害将呈加重趋势。

1.1.4 黏虫不定期暴发,危害大,迁飞路线需要严密追踪

黏虫 *Mythimna separata* 原本是我国农作物的重要害虫。随着种植结构的调整,20 世纪 80 年代初广东、广西南部黏虫越冬代发生区不再种植小麦,越冬寄主植物的缺乏导致黏虫越冬种群数量小,很少再对农作物生产构成威胁。进入 21 世纪后,黏虫在我国大部分地区基本上属于中等偏轻发生,并未对粮食生产构成太大威胁。近年由于南方冬季繁殖区甘蔗和再生稻面积的增大,有利于黏虫的种群数量不断积累,加之 2012 年特殊的气候条件,导致 3

代黏虫在华北和东北地区暴发成灾,发生面积达 361.3 万 hm^2 ,重发面积 64.7 万 hm^2 ,重发玉米田块百株虫量一般为 100~500 头,最高达 5 000 头,有 4 866 hm^2 的玉米叶片被吃光,其中河北、天津、山西 3 省(直辖市)发生为害程度居 30 年之首,吉林居 20 年之首,内蒙古、北京和云南等地居 15 年来之首^[26]。2013 年,黏虫维持了 2012 年的重发态势,2 代黏虫在东北、华北、黄淮局部、江南局部和西南地区普遍发生,山西和河北局部地区大发生;3 代黏虫在东北、华北和黄淮局部偏重发生,并且在辽宁、山西和山东局部地区造成严重为害^[7]。3 代黏虫为害对玉米产量造成损失较大,受害玉米籽粒不饱满,果穗短而细,秃尖严重,为害损失率为 25.79%~73.84%^[27]。2016 年 3 代黏虫在陕西、山西和河南三省交界的黄河湾区域局部暴发为害^[28]。2017 年,2 代黏虫在东北、华北、黄淮、西南地区普遍发生,总体发生程度重于 2014—2016 年;3 代黏虫在内蒙古东部、山西南部、陕西北部 and 宁夏中东部等地区发生严重^[29]。

从近年黏虫发生区域和世代为害特点可见,黏虫的发生规律已经出现变化,原来黏虫 3 代要从东北回迁至黄淮海一带为害,但自 2012 年以来已经多次在东北当地严重为害,2 代和 3 代连续为害的局面多次上演。由近年监测到的黏虫种群数量持续较高以及发生情况来看,黏虫发生进入了一个新的阶段,未来黏虫在全国范围内局部严重发生的局面还将持续。

1.2 土传病害连续暴发,危害将持续加重

1.2.1 茎腐病在各地重发生,严重威胁玉米生产

玉米茎腐病在我国曾于 20 世纪 80 年代暴发,目前已经成为玉米生产上重要的病害,常造成玉米植株的倒伏。随着机械化收获技术的广泛应用,由多种病原菌引发的茎腐病因导致植株倒伏而对生产的危害性更为明显。该病是在玉米灌浆中后期发病,长期以来一直没有引起足够的重视,病害发生面积和造成的产量损失至今无确切的统计数据。近年来,茎腐病的频繁暴发对玉米生产影响极大。2013—2015 年茎腐病在东北地区普遍发生^[30],2014 年在黄淮海地区暴发^[31-32],2016 年在山西北部至甘肃西部一线严重发生,2017 年在黄淮海及西北局部偏重发生。一般情况下,茎腐病的发生直接导致减产 5%~10%,同时也引起植株倒伏,加重了穗腐病的发生。

多年持续的秸秆还田和玉米单一化种植,导致土壤中的茎腐病致病菌(以腐霉菌和镰孢菌为主)大量积累;同时,许多推广的玉米品种属于感茎腐病类

型。未来,一旦玉米在灌浆期遇到连续降雨气候,茎腐病仍会大暴发。

1.2.2 穗腐病快速上升,病菌毒素导致玉米籽粒质量严重下降

玉米穗腐病是我国玉米生长后期的主要病害之一。玉米穗腐病除籽粒腐烂造成直接产量损失外,更重要的是籽粒中的致病菌产生多种毒素,不仅导致玉米品质的降低,也对食品与饲料的安全带来重大隐患,直接威胁到人畜健康^[33-35]。国内报道引起玉米穗腐病的病原菌已达 40 余种,包括镰孢属 *Fusarium*、木霉属 *Trichoderma*、青霉属 *Penicillium*、曲霉属 *Aspergillus*、链格孢属 *Alternaria* 的不同种真菌及细菌等^[33]。镰孢菌是我国玉米穗腐病的优势致病菌,分离频率超过 50%,而在镰孢菌中又以拟轮枝镰孢 *F. verticillioides* 和禾谷镰孢复合种 *F. graminearum* species complex 为广泛分布的优势致病种类^[36-37],不同区域优势种不同^[37-43]。近年来,玉米穗腐病在我国各玉米产区危害呈上升趋势,2004 年对黄淮海 5 省 10 个县市的调查,穗腐病平均发病率为 42.9%^[44];2009 年甘肃省各玉米种植区穗腐病发生严重,病田率为 100%,平均病穗率为 63.6%,重病田病穗率达 100%^[45]。由于穗腐病发生在玉米生长后期,田间防治操作难度较大,其防治一直没有引起足够的重视。

玉米穗腐病的诱发原因多样,致病菌类型复杂、侵染途径多样,病害发生受气候和穗期害虫发生程度的影响^[20,33,46];同时,穗腐病果穗上的籽粒又是储藏期库存籽粒霉变的侵染源和霉菌毒素的污染源。由于穗腐病暴发机理的复杂性和田间病害防控的难度较高,在目前品种抗病性普遍较低、籽粒后期脱水慢的状况下,该病害仍会在环境条件适宜时频繁暴发,也构成了今后玉米籽粒机械化直接收获的重要障碍。

1.2.3 线虫矮化病局部重发,全面控制仍需时日

20 世纪 90 年代初,一种被当地称为“老头苗”、“君子兰苗”或“丛生苗”的病害在东北春玉米区发生,由于当时发病面积小,未引起足够的重视。进入 21 世纪以来,该种以植株矮化为特征的病害在北方春玉米区严重发生,对玉米生产造成了严重影响^[47]。由于该病害的症状在玉米苗的茎基部一侧组织纵向或横向开裂,内部中空,呈“虫道”状,常被误认为是由玉米旋心虫或金针虫为害所致,也曾被误认为是亚黏团镰孢所引起的玉米顶腐病的症状之一。2008 年,该病在辽宁、吉林省多地严重发生。

2009 年仅吉林省的发生面积就达 37.3 万 hm^2 ,重病田病株率高达 67%,由于该病发生率基本等于损失率,当年吉林因该病造成产量损失高达 3 亿 kg。国家玉米产业技术体系病虫害防控研究室的岗位专家经过五年研究,明确了引起玉米矮化病的病原为长岭发垫刃线虫 *Trichotylenchus changlingensis*,并给予了该病害“玉米线虫矮化病”的名称^[48]。玉米线虫矮化病主要分布在黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古东部的东北春玉米区,并持续在局部地区偏重发生。近年来,玉米线虫矮化病发生区域扩大,2009 年该病害在河北省平泉县、唐山市郊区以及北京市延庆和怀柔县发生,局部地块发生严重^[48]。2011 年在山西省五台县、2012 年在河北省涿州市、2018 年在河北省廊坊市也相继发生该病害。

由于玉米线虫矮化病为土壤中线虫侵染所致,因此只有含有杀线剂成分的种衣剂进行种子包衣处理或选用抗线虫矮化病品种,才能够控制该病害。在专用种衣剂和抗病品种大范围推广前,线虫矮化病仍会在许多春玉米区局地、特别是利于线虫发育和活动的沙性土壤地区发生严重。

1.2.4 纹枯病仍是西南地区的首要病害,北方局部地区时有发生

自 20 世纪 70 年代中后期,玉米纹枯病的发生加重、蔓延加速;80 年代于四川盆地、长江中下游和广东、广西等南方高温高湿玉米产区危害严重;90 年代在华北和东北玉米产区形成危害,成为我国玉米主要病害^[49],是西南丘陵玉米区的首要病害^[50-51]。近年来,该病在黄淮海夏玉米区以及东北的辽宁等地危害有加重趋势^[52-55]。在辽宁省,一般年份纹枯病发病率 40%~85%,严重地区发病率高达 90%以上;在丹东地区,常年发病率在 80%以上,已经从次要病害上升为主要病害^[56]。近年在吉林的一些田间也可发现纹枯病。由于生产上的品种抗性差,发病迅速,随着气温升高、玉米种植密度增加对田间湿度的提升,纹枯病将会加重,发生区域有可能进一步向北扩大。

1.3 风险性叶斑病仍在流行,未来不可忽视

1.3.1 大斑病在春玉米区持续影响玉米生产

大斑病是我国北方春玉米区和西南山地玉米区发生最为普遍、危害最重的病害。20 世纪 80 年代中后期,大斑病在东北春玉米区暴发流行。随着抗性品种在生产上的广泛应用,大斑病的严重危害得到了有效控制。21 世纪以来,由于忽视了抗大

斑病育种,特别是伴随着感病品种‘先玉 335’及其衍生品种的大面积种植,加之大斑病菌生理小种的变异和适宜发病的气候条件,造成玉米大斑病多次暴发流行。2003 年和 2004 年,大斑病在北方春玉米区和西南玉米区大范围严重发生,对生产造成较大的影响^[57];其后又出现了连续多年的偏重发生和暴发流行的局面^[58-59],特别是 2012 年大斑病在北方春玉米区的大流行,黑龙江省平均病株率 50% 以上,最高达 100%;吉林省平均病株率达 80% 以上,发病程度达 3 级以上的地块占 20%;辽宁省一般病株率 30%~50%,严重地块达 70%^[60]。甘肃省 2009—2012 年的调查结果表明,大斑病在该省东部普遍发生严重,平均病株率为 83.3%^[61]。2015 年以来,随着生产中抗病品种逐渐替代感病品种,特别是推广了玉米心叶末期施药的大斑病防控技术,大斑病严重为害的局面得到了有效控制。由于生产中仍然存在许多对大斑病表现感病的品种,一旦遇到适宜的发病环境,局部严重发生的情况还将出现。

1.3.2 由玉米尾孢引发的灰斑病正向北方春玉米区扩展

由玉蜀黍尾孢 *Cercospora zae-maydis* 引发的灰斑病一直是我国玉米生产中常见的叶斑病之一,一些年份在辽宁局部地区和山东东部沿海地区发生严重,给生产造成较大影响^[57]。但自 2002 年后,一种由玉米尾孢 *C. zeina* 引起的灰斑病在西南玉米种植区迅猛扩展,成为云南、贵州、四川和湖北等省高海拔山地玉米生产中危害重、损失大的病害^[62-66],2011 年在湖北恩施,灰斑病在感病品种上发病率达 100%,病级均在 5 级以上^[67]。目前,玉米尾孢引发的灰斑病已借助西南季风的作用从云南向北向东扩展,发病区域包括了云南大部、贵州西部、四川大部、重庆、湖北西部、陕西的陕南和关中地区、甘肃东部及陇南地区、河南西部山区。2017—2018 年,玉米尾孢灰斑病已经扩散至陕西延安市甘泉县和榆林市定边县。未来,玉米尾孢灰斑病将很快进入北方春玉米主产区。由于玉米尾孢具有较玉蜀黍尾孢更强的致病力,因此其一旦进入北方玉米主产区,有可能取代玉蜀黍尾孢的地位,形成对我国北方春玉米区新的重大病害威胁^[68]。

1.3.3 小斑病的风险仍在,品种抗性不应忽视

玉米小斑病是黄淮海夏玉米区的主要病害,20 世纪 70—80 年代曾严重发生。此后,每年在局部地区仍有较重发生,对生产具有较大影响。近年来,由

于生产推广品种大多对小斑病具有一定的抗性,所以该病害多年并未有大流行。近年来,随着一些具有欧美血缘的玉米品种在夏玉米区推广,品种对小斑病的抗性有所下降,小斑病在夏玉米区暴发的风险开始加大,应该予以警惕。

1.3.4 南方锈病暴发时影响极大,但病害发生具有不确定性

玉米南方锈病是一种对夏玉米生产具有较大风险性的病害。自 2000 年以来,南方锈病对生产的危害性加大,分别在 2007、2008 和 2015 年在黄淮海暴发,大量感病玉米品种叶片提前干枯,生产损失巨大^[55,69-70]。2015 年,南方锈病在黄淮海夏玉米区等地大流行,是历史上发生面积最大、最为严重的年份,全国发生面积 525 万 hm^2 ^[4]。由于大多数玉米品种对南方锈病表现为感病或高度感病,一旦病害暴发流行,损失不可避免^[71]。黄淮海夏玉米区南方锈病的暴发与生成于太平洋台风的运动路径、登陆我国大陆的位置、登陆后的强度与移动路线均有密切关系。2017 年台风“纳沙”和“海棠”的登陆导致了河南南部、安徽北部、山东西部南方锈病的大发生。因此,南方锈病在未来仍然具有暴发的可能性,但暴发需要有适宜的外部条件,病害发生具有时间和空间上的不确定性。

2 未来危害性具有上升趋势的病虫害

2.1 刺吸性害虫为害将逐渐加重

2.1.1 蚜虫成为为害玉米全生育期的重要害虫

蚜虫是玉米的重要害虫,在我国为害玉米的蚜虫主要为玉米缢管蚜 *Rhopalosiphum maidis*、禾谷缢管蚜 *R. padi*、麦长管蚜 *Sitobion miscanthi* (也称荻草谷网蚜)、麦二叉蚜 *Schizaphis graminum* 和棉蚜 *Aphis gossypii*,以玉米蚜、禾谷缢管蚜为害最重^[72]。棉蚜是玉米上的新害虫^[73],在黄淮海夏玉米区后期种群数量上升,在西北及东北春玉米区也发现棉蚜为害玉米。玉米蚜虫的发生程度受品种抗性水平和气候影响较大,年度间变异大,但总体上呈加重趋势。玉米抽雄期遇高温干旱时导致其种群数量剧增而暴发。玉米蚜虫发生严重年份,成、若蚜群集在新抽出的雄穗和正在灌浆的雌穗上为害,造成雄穗无法散粉,雌穗灌浆不实,严重影响玉米产量。2011 年宁夏全区偏重发生,受害面积 12.9 万 hm^2 ;甘肃省中等发生,受害面积 23 万 hm^2 ;2012 年河南省中等发生,受害面积 86.69 万 hm^2 ,南阳和安阳等

地局部偏重发生^[74]。此外,蚜虫传播甘蔗花叶病毒,也是近年山西运城等局部地区玉米矮花叶病发生的重要原因;蚜虫在叶鞘内侧的刺吸为害是玉米鞘腐病发生的重要诱因^[75]。

2.1.2 叶螨为害程度偏重,发生区域可能扩大

在我国为害玉米的叶螨(俗称红蜘蛛)主要有3种:截形叶螨 *Tetranychus truncatus*、朱砂叶螨 *T. cinnabarinus* 和二斑叶螨 *T. urticae*,截形叶螨为优势种。近年来叶螨为害加重,偏重大发生频率增加,已经成为我国西北地区玉米上的重要害虫。陕西省夏播玉米叶螨常年发生面积在15万hm²,约占夏播玉米面积的40%^[76]。在山西省,20世纪末连续大发生后,2002—2005年连续中等至中等偏重发生^[77];2012年山西发生面积25.1万hm²,局部偏重发生^[2]。在内蒙古西部玉米产区,叶螨常年发生,偏重发生、局部大发生的频率较高;2013年,鄂尔多斯玉米螨株率达80%以上,部分田块达100%,百株玉米有螨2万至10万头;呼和浩特玉米螨株率70%,最高100%;巴彦淖尔百株玉米有螨量最高16万头^[78]。2015年全国总体中等发生,部分地区偏重发生,发生面积184.7万hm²,宁夏偏重发生;新疆中等发生。玉米生长中遇高温干旱气候,会导致叶螨严重发生。由于玉米品种抵抗叶螨能力较弱,未来叶螨在我国西部地区的为害将持续。

2.1.3 蓟马已成为玉米苗期重要的叶部害虫

蓟马原为玉米的偶发性害虫,自20世纪90年代后期以来,玉米田蓟马发生为害加重,多地发生蓟马为害苗期玉米,甚至为害玉米苞叶、花粉粒和花丝,严重影响玉米的正常生长,已成为华北和黄淮海玉米苗期的重要害虫^[44]。黄淮海玉米田蓟马的优势种为黄呆蓟马 *Anaphothrips obscurus*、禾花蓟马 *Frankliniella tenuicornis* 和稻单管蓟马 *Haplothrips aculeatus*^[79]。2011年全国发生面积324.3万hm²,河南、河北和山西偏重发生,晚春玉米、套播玉米和早播夏玉米田受害较重,严重被害时百株虫量达2万头。2012年总体偏重发生,全国发生面积273.3万hm²,山西省局部大发生,重发区为运城、临汾等南部春玉米区,严重田块被害株率达80%以上,百株虫量4000~5000头,最高虫量超过1万头,被害玉米叶片枯白扭曲;河北省偏重发生,局部大发生^[2]。近10年来,蓟马在黄淮海大部分地区一直呈偏重发生态势,未来这种状况将持续。

2.2 双斑长跗萤叶甲快速上升为春玉米区的重要害虫

双斑长跗萤叶甲 *Monolepta hieroglyphica* 为杂食性害虫,但过去很少为害玉米。自2001年报道在陕西省岐山其为害玉米以来,发生呈加重趋势,为害区域和面积不断扩大^[44,80]。2007年在辽宁省丹东、铁岭和鞍山等地普遍发生^[81];2010年在新疆玛纳斯发现为害玉米^[82],目前已经成为陕西、山西、河北北部、北京北部、内蒙古、吉林、辽宁和黑龙江等省(区)部分玉米上的重要害虫^[83]。2012年全国发生面积180万hm²,较2011年增加13.5%;山西大同偏重发生,继2010年偏重发生以来连续第3个严重发生年份,百株玉米虫量最高达2000余头^[2]。2015年和2016年总体偏重发生,全国发生面积分别为282万hm²和275万hm²,东北、华北和西北局部地块虫口密度高。2017年,双斑长跗萤叶甲在北方春玉米区部分地区大发生,黑龙江省齐齐哈尔市局部地块的玉米花丝被取食光,果穗受粉不良,严重影响产量。2018年在吉林省松原市也发现双斑长跗萤叶甲大面积严重为害玉米花丝。目前,双斑长跗萤叶甲已经成为北方春玉米区和西北灌溉玉米区的重要害虫,在黄淮海夏玉米区的为害也呈上升趋势。我们曾于2010年7月在河南省淇县观察到有少量双斑长跗萤叶甲成虫聚集为害玉米叶片;2011年9月在山东省龙口市玉米田见到少量双斑长跗萤叶甲成虫。2014年在河南省新乡县数个乡镇出现了该虫的大面积为害,虫害田率达70%,受害株率27%,平均百株虫量23头,最高百株虫量54头^[84]。2017年9月在河北省衡水、石家庄和邯郸玉米田见到少量双斑长跗萤叶甲为害;2018年8月在河北省的黄骅市也出现了局部严重为害地块。双斑长跗萤叶甲在黄淮海夏玉米区的为害区域和为害程度正在逐年加重,值得引起关注。

2.3 粗缩病可能再次大发生

20世纪90年代,玉米粗缩病在我国许多省份流行,成为北方玉米上的重要病害之一。粗缩病在山东省自2005年起一直呈上升趋势,到2008年达到发病高峰,暴发成灾,发生面积73.3万hm²,改种5.91万hm²,绝产1.67万hm²,一度成为山东省的重要病害^[85];前茬为大蒜、洋葱的玉米田病株率达95%~100%,麦套玉米田病株率为42.5%,仅山东济宁市因粗缩病损失玉米56.6万t^[86];2010年粗缩病在河南省局部地区严重发生,重病田病株率在

70%以上,绝收面积 350 hm²[87]。该病有向北蔓延的趋势,2006 年辽宁阜新首次发现玉米粗缩病;2008 年大连发现该病并呈严重流行性危害,病田率 80%以上,减产 30%~70%;2009 年丹东港市沿海地区个别地块发病率高达 90%以上,几乎绝收;2011—2012 年粗缩病连续在大连普遍发生[88];近年来黑龙江省也有零星严重地块出现。虽然粗缩病近几年处于一个发病低谷,但田间监测表明,灰飞虱的带毒率正在稳步上升,局部已经超过 10%。因此,我们预期粗缩病新的发病高峰即将到来,各地应引起高度重视,加强对传毒介体灰飞虱带毒率的监测。

2.4 苗枯病和根腐病发生将加重

尽管种子包衣技术对控制镰孢菌引起的苗枯病具有较好的效果,但近年频繁来自田间的信息表明,苗枯病的发生范围正在扩大。病害较重的主要原因一是土壤中各种镰孢菌的群体数量非常高,种衣剂中有限的杀菌剂无法抵御来自土壤中镰孢菌的持续、大量侵染;二是玉米种子自身带有多种镰孢菌,直接形成苗枯病。根腐病主要发生在播种后遇到多雨的环境,而种衣剂中常常不含有杀卵菌药剂,造成腐霉菌侵染玉米幼根,引起根腐病[89]。因此,这两种苗期病害将在许多地区逐渐加重,成为重要病害。

3 局部有发生,但未大范围严重危害或已被控制的病虫害

3.1 二点委夜蛾为害基本控制

二点委夜蛾是一种在世界范围内分布比较广的中性昆虫,主要以腐败的植物残枝落叶为食,是我国耕作制度变革引起的新害虫。2005 年首次报道在我国河北省为害夏玉米苗,2007 年发生范围扩大,在河北省衡水、邯郸和邢台三市的发生面积达 22.9 万 hm²,并扩展到毗邻的山东省宁晋县[90]。2011 年二点委夜蛾在夏玉米区的河北、山东、河南、安徽、江苏、山西和北京等 7 省市 298 个县(市区)暴发,发生面积达 214.8 万 hm²,被害株率 20%的面积 62.34 万 hm²,造成大面积的补种或毁种[91]。随后数年,二点委夜蛾的发生范围不断扩大,但发生面积和为害程度远低于 2011 年。2014 年天津市武清和静海发现个别地块二点委夜蛾为害玉米苗;2015 年在河北唐山市出现二点委夜蛾为害,2017 年在唐山高新区、丰南区、丰润区和玉田县暴发[92]。二点委夜蛾已经成为黄淮海夏玉米苗期的常发性害虫,随着麦秸处理方式的改进以及药剂应急防控措施的广泛应用,其为

害已经得到有效控制。2018 年,二点委夜蛾在东北春玉米区吉林省梨树县多年玉米秸秆覆盖的地块出现对春玉米苗的零星为害,值得引起关注。

3.2 鞘腐病发生普遍,危害性需要关注

自 2003 年在山东发现玉米鞘腐病后,病害危害区域逐渐扩大[44]。2008 年该病害在东北春玉米区发生,并被确认是由层出镰孢 *Fusarium proliferatum* 所致[93]。2011 年在宁夏、甘肃和浙江等地陆续发现较重的鞘腐病。2011 年,江苏省春玉米鞘腐病病田率达 68.35%,浙江省为 100%,湖南省 2012 年的病田率为 97%,湖北恩施的病田率也高达 90%[67]。目前,鞘腐病在我国各主要玉米产区均有发生,并且有逐年加重的趋势。由于鞘腐病能够降低玉米茎秆的抗倒折能力并引起减产[94],因此其对玉米生产的危害性需要引起关注。

3.3 褐足角胸叶甲局部为害重

自 2001 年首次报道褐足角胸叶甲 *Basilepta fulvipes* 在北京市顺义和延庆等地为害玉米以来[95],其后在河北省石家庄、廊坊、保定和邢台夏玉米田普遍发生[96],2011 年天津市宝坻区也发现了该虫为害玉米,且为害有逐年加重的趋势[97]。2014 年普查发现北京各郊区县夏玉米产区均有褐足角胸叶甲为害,部分地区虫田率较高,严重发生田块被害株率达 100%,百株虫量最高达 460 余头,已经成为北京玉米的常发害虫[98]。褐足角胸叶甲不仅成虫为害,在河北张家口和唐山发现幼虫也为害玉米幼苗的根系,被害状似蛴螬为害,还出现了个别严重被害地块,造成缺苗断垄。由于褐足角胸叶甲在全国各地均有分布,其在黄淮海夏玉米区的发生趋势应当引起密切关注。

3.4 北方炭疽病正在扩散

北方炭疽病在我国早有报道,但近年危害加重,可能与一些对该病敏感的品种推广有关。黑龙江是该病害偏重发生的地区,田间可以引起 20%以上植株空秆,因此对生产影响明显。根据调查,北方炭疽病在吉林、辽宁、内蒙古东北部、河北北部、陕西北部 and 云南、贵州高海拔地区都有发生,需要注意其扩散和田间危害状况。

4 近年新发病虫害动态

4.1 小孢帽叶斑病

小孢帽叶斑病是一种新的玉米病害,也称玉米叶枯病,2011 年发现于甘肃东部地区,2017 年在内蒙古呼和浩特田间亦有发现,在玉米生长中后期引

起叶片自边缘向内的大片组织干枯,致病菌为鸭茅小孢帽 *Tiarosporella dactylidis*。该病发生规律及传播方式尚不明确。

4.2 炭疽茎腐病

这是一种曾在美国严重危害的玉米茎腐病,病菌为禾生炭疽菌 *Colletotrichum graminicola*。2013年,该病害在黑龙江局部地区偏重发生。2018年,河北黄骅市因炭疽病的发生,导致一些品种的叶片出现大量病斑,数日内叶片快速枯死,敏感品种茎秆变色,茎髓分解,植株倒伏。玉米炭疽茎腐病对生产影响极大,其发生动态和扩散范围需要加以监控。

4.3 平脐蠕孢叶斑病

我国夏玉米区采用小麦—玉米连作方式,或在春玉米区有春小麦的种植,因此近年原本为小麦根腐病致病菌的麦根腐平脐蠕孢 *Bipolaris sorokiniana* 频繁侵染玉米叶片,引起平脐蠕孢叶斑病^[99],对玉米生产形成影响,成为黄淮海夏玉米苗期除褐斑病外的又一叶斑病,直接影响玉米幼苗的生长,因此对该病害的潜在威胁需要加以关注。

4.4 一点缀螟

一点缀螟 *Paralipsa gularis* 原记载为仓储害虫,近年来在云南省开始为害玉米果穗,严重时整个果穗籽粒被蛀空。在云南德宏州,玉米果穗平均被害率达24.3%;该虫在毗邻我国云南省的老挝、缅甸玉米田也发现为害玉米果穗^[100],在越南山区以及我国广西和贵州玉米果穗上也发现其为害玉米。除为害果穗外,也可蛀食雄穗和茎秆,由于该虫在我国许多省份有分布,在其他地区是否为害玉米也应加强调查。

5 玉米病虫害防控对策

由于我国玉米种植地域广、生态条件各异、种植结构和栽培方式不同,田间病虫害种类在地域间存在很大差异,因此要根据当地的生产实际,制定相应的防控对策。

玉米的作物特点、种植模式、生产价值、耕作方法、主要病虫害发生规律都影响着玉米病虫害防治措施的选择。根据多年的研究与实践,我们认为,玉米病虫害的防控应采取以农业防治为基础、抗病虫品种选择和种子包衣为核心、生长中后期病虫害提早统一防控的治理策略。

5.1 农业防治

5.1.1 秸秆处理

由于亚洲玉米螟等钻蛀性害虫以老熟幼虫在玉

米秸秆、穗轴等植株残体中越冬,因此,在玉米收获时进行秸秆粉碎还田,可以有效杀死这些害虫,减少越冬虫口密度。秸秆还田也同时能够使得带有大量病菌的植株叶片进入土壤并腐烂,破坏了病菌越冬的基础,减少了翌年叶斑病发生的初侵染源。在黄淮海夏玉米区,小麦收获后留在田间的麦秸和麦糠是二点委夜蛾的栖息和产卵场所,清除田间、特别是播种行的麦秸和麦糠,或进行小麦灭茬处理,可以有效控制二点委夜蛾幼虫对玉米幼苗的为害。

对玉米瘤黑粉病、丝黑穗病、茎腐病、褐斑病以及苗枯病等当年严重发病的地块,则不宜进行秸秆还田,以减少田间菌源数量,同时还可以考虑尽可能地将玉米与其他非禾本科作物轮作。

5.1.2 翻耕土地

翻耕土地能够破坏土栖害虫和在土壤中化蛹害虫的栖息或化蛹场所,降低害虫种群密度,可减轻翌年的为害。

5.1.3 及时清除田边地头杂草

田边地头的杂草是许多害虫的食源植物或越冬寄主,如蚜虫、叶螨、黏虫、灰飞虱等,一些也是玉米病害致病菌的寄主。田间观察发现,杂草丛生的玉米田是迁飞黏虫选择降落取食的重要目标;矮花叶病的发生也是由于玉米苗期有大量来自杂草上的蚜虫飞入田间传播病害的结果。

5.1.4 适当调整玉米播期

在玉米丝黑穗发生较重地区,调整玉米播期至地温稳定达到10~15℃的时期,有利于种子快速萌发出土,降低病原菌的侵染几率,可明显减轻丝黑穗病的发生。在黄淮海的粗缩病常发区,通过适期晚播或早播,使玉米苗期与灰飞虱1代成虫发生高峰期不相遇,可避免或减轻粗缩病的发生^[86,101]。

5.1.5 合理施肥

合理施肥可以提高植株对病虫害的抗性。钾既是玉米生长不可缺少的肥料,也是影响植株抗病性的重要元素。增施钾肥,能显著降低玉米茎腐病的发生^[102]。钾元素可稳定细胞结构、防止细胞间隙扩大、加厚细胞壁,降低病原菌入侵的几率;影响玉米根系分泌物的组成,抑制病原菌生长;通过形成位于胞间及胞内的堵塞物限制病原物在寄主细胞间的扩展;提高玉米植株内酚类物质含量,调节酚代谢相关酶活性,提高根系中蔗糖合成酶和蔗糖磷酸合成酶活性,增强玉米抗病性^[103-105]。

5.2 选用抗病虫品种

选用抗病虫玉米品种是最为安全、经济和有效

的病虫害控制措施^[57]。对于丝黑穗病、茎腐病、苗枯病、线虫矮化病等土传病害及玉米生长中后期发生的大斑病、小斑病和南方锈病等叶斑病,抗病品种的选择能够起到未雨绸缪的预防作用,避免病害突发带来的巨大损失,并能够在田间发挥减缓病害流行的作用。虽然生产推广品种普遍对玉米害虫的抗性水平较差,但品种间仍存在抗虫水平的差异,选用中抗或耐虫品种同样也可减轻害虫为害造成的损失。

5.3 生物防治

对于亚洲玉米螟、棉铃虫和桃蛀螟等害虫,在卵期可以通过田间释放松毛虫赤眼蜂 *Trichogramma dendrolimi*、螟黄赤眼蜂 *T. chilonis* 和玉米螟赤眼蜂 *T. ostrinae* 进行防治^[106],也可在幼虫低龄期喷洒 Bt 制剂或白僵菌可湿性粉剂进行防控。利用木霉菌颗粒剂在播种前与复合肥混合施入土壤,对茎腐病有很好的防控效果,同时对纹枯病有一定的防效^[107]。

5.4 化学防治

5.4.1 选用适宜的种衣剂进行种子处理

根据当地主要地下害虫、土传病害和苗期病虫害的发生种类,选用适宜的种衣剂进行玉米种子包衣处理。对于一般真菌病害,可选用含有福美双或咯菌腈等广谱杀菌剂成分的种衣剂;对于腐霉根腐病,则需要选用含有精甲霜灵杀卵菌剂成分的种衣剂;对于丝黑穗病,应选含有戊唑醇或苯醚甲环唑杀菌剂成分的种衣剂^[108];对于线虫矮化病,则需要含有丙硫克百威或硫双威等杀线虫剂成分的种衣剂。此外,木霉菌复合种衣剂对玉米茎腐病有很好的防效^[109]。对于地下害虫和苗期害虫重的地区,种衣剂应含有噻虫嗪、吡虫啉、丙硫克百威、丁硫克百威、氟虫腈或溴氰虫酰胺等杀虫剂成分^[110-111]。溴氰虫酰胺+噻虫嗪对多种苗期害虫有很好的防效^[112]。

5.4.2 生长中后期病虫害防控对策

对于暴发性害虫和流行性病害,应急化学防治是必需的,应根据病虫害发生的种类,选用适宜的药剂进行及时防控。防治叶螨、黏虫和双斑长跗蚱甲等害虫时,还应将药剂同时喷洒在田间杂草寄主上,以提高防治效果。

玉米抽雄后植株高大、密度高、叶片叠加,导致药剂喷洒困难、药效降低。因此,对后期发生的叶斑病和穗期害虫及穗腐病的防治关口应前移至心叶末期(大喇叭口期)。根据当地叶斑病和穗期害虫发生的种类以及发生趋势的预报,选择适宜的杀菌剂和杀虫剂,单独或组合,利用自走式高杆喷雾机或无人

机进行大面积防治,达到一次施药兼治多种病虫害的目的。此阶段的施药,特别是施用具有保护性作用的杀菌剂,能够提高玉米抗病性、推迟和减少病菌的初始侵染,保护叶片绿色组织,同时也能够诱导玉米自身抵抗病虫害危害的相关代谢活动开始活跃,从而提升玉米对病虫害的抵御能力,减轻病虫害引发的危害,提高玉米产量和品质。

参考文献

- [1] 国家统计局[DB/OL]. <http://data.stats.gov.cn/>.
- [2] 刘杰,姜玉英. 2012 年玉米病虫害发生概况特点和原因分析[J]. 中国农学通报,2014,30(7):270-279.
- [3] 全国农业技术推广服务中心. 农作物重大病虫害监测预警工作年报 2011[M]. 北京:中国农业出版社,2014.
- [4] 刘杰,姜玉英,曾娟,等. 2015 年玉米重大病虫害发生特点和趋势分析[J]. 中国植保导刊,2016,36(10):53-58.
- [5] 刘万才,刘振东,黄冲,等. 近 10 年农作物主要病虫害发生危害情况的统计和分析[J]. 植物保护,2016,42(5):1-9.
- [6] 王振营,王晓鸣. 加强玉米有害生物发生规律与防控技术研究,保障玉米安全生产[J]. 植物保护学报,2015,42(6):865-868.
- [7] 刘杰,姜玉英,曾娟. 2013 年我国黏虫发生特点分析[J]. 植物保护,2015,41(3):131-137.
- [8] DEUTSCH C A, TEWKSBURY J J, TIGCHELAAR M, et al. Increase in crop losses to insect pests in a warming climate[J]. Science, 2018, 361(6405):916-919.
- [9] 全国农业技术推广服务中心-病虫测报网[EB/OL]. 2013-2018. <https://www.natesc.org.cn/Html>.
- [10] 王连霞. 气候变化对齐齐哈尔市玉米螟发生的影响[J]. 黑龙江农业科学,2016(1):67-70.
- [11] 侯月敏,宋显东,王振,等. 哈尔滨市郊区亚洲玉米螟发生规律与卵块空间分布研究[J]. 植物保护,2018,44(4):151-157.
- [12] 鲁新,周淑香,李丽娟,等. 吉林省不同地区亚洲玉米螟发生世代的变化[J]. 植物保护学报,2015,42(6):978-984.
- [13] 张柱亭,类成平,孙嵬,等. 气候变化对沈阳地区亚洲玉米螟发生世代的影响[J]. 玉米科学,2014,22(4):137-139.
- [14] 阿依克孜,丁新华,付开赞,等. 新疆玉米产区三个玉米螟地理种群发育起点、有效积温测定与比较研究[J]. 新疆农业科学,2017,54(10):1863-1874.
- [15] 魏铁松,朱维芳,庞民好,等. 棉铃虫和玉米螟危害对玉米穗腐病的影响[J]. 玉米科学,2013,21(4):116-118.
- [16] 王振营,何康来,石洁,等. 桃蛀螟在玉米上为害加重原因与控制对策[J]. 植物保护,2006,32(2):67-69.
- [17] 黄建荣,李国平,黄博,等. 田间玉米植株上桃蛀螟卵的空间分布[J]. 植物保护,2018,44(3):177-181.
- [18] 陈浩,赵文路,门兴元,等. 玉米灌浆期 3 种鳞翅目害虫的空间分布[J]. 玉米科学,2016,21(1):160-165.
- [19] 赵士文,陈秀琳,陈丽慧,等. 陕西省关中夏玉米后期钻蛀性害虫的发生及不同玉米品种的抗虫性调查[J]. 植物保护,2017,43(5):164-168.

- [20] 杨硕,石洁,张海剑,等. 桃蛀螟为害夏玉米果穗对产量的影响[J]. 植物保护学报,2015,42(6):991-996.
- [21] 刘玥,李荣荣,何康来,等. 桃蛀螟为害对春玉米镰孢腐病发生及产量损失的影响[J]. 昆虫学报,2017,60(5):576-581.
- [22] WU Kongming, LU Yanhui, FENG Hongqiang, et al. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with Bt toxin-containing cotton[J]. Science,2008,321(5896):1676-1678.
- [23] 关秀敏,董保信,曹欣然,等. 转基因抗虫棉种植面积变化对花生田棉铃虫种群影响[J]. 应用昆虫学报,2016,53(4):851-855.
- [24] 李人杰,魏铁松,郭聪聪,等. 棉铃虫为害与拟轮生镰孢侵染对玉米穗腐病发生及玉米籽粒中伏马毒素污染水平的影响[J]. 植物保护,2015,41(4):68-72.
- [25] 袁伟宁,何树文,魏建荣,等. 河西地区玉米田棉铃虫发生规律及其化学防治技术[J]. 植物保护,2018,44(4):177-182.
- [26] 曾娟,姜玉英,刘杰. 2012年黏虫暴发特点分析与监测预警建议[J]. 植物保护,2013,39(2):117-121.
- [27] 晋齐鸣,高月波,苏前富,等. 玉米粘虫暴发流行对玉米产量和性状表征的影响[J]. 玉米科学,2013,21(6):131-134.
- [28] 程登发,赵中华. 我国部分地区黏虫暴发原因分析与对策建议[J]. 种子科技,2016(10):89-90.
- [29] 刘杰,姜玉英,曾娟,等. 2017年我国黏虫发生特点分析[J]. 中国植保导刊,2018(5):27-31.
- [30] 谢丽华,陈明丽,冯涛,等. 2014年黑龙江省玉米茎基腐病发生因素调研[J]. 现代化农业,2015(6):68-69.
- [31] 王良发,徐国举,张守林,等. 对25个玉米品种的茎腐病抗性分析和产量损失评估[J]. 玉米科学,2015,23(6):12-17.
- [32] 李学杰,张桂阁,吴明泉,等. 夏玉米成熟后期茎腐病对千粒重的影响[J]. 山东农业科学,2015,47(5):93-95.
- [33] 段灿星,王晓鸣,宋风景,等. 玉米抗穗腐病研究进展[J]. 中国农业科学,2015,48(11):2152-2164.
- [34] DUAN Canxing, QIN Zihui, YANG Zhihuan, et al. Identification of pathogenic *Fusarium* spp. causing maize ear rot and potential mycotoxin production in China [J]. Toxins, 2016, 8(6): 186, doi:10.3390/toxins8060186.
- [35] ZHOU Danni, WANG Xiaoming, CHEN Guokang, et al. The major *Fusarium* species causing maize ear and kernel rot and their toxigenicity in Chongqing, China [J]. Toxins, 2018, 10, 90, doi:10.3390/toxins10020090.
- [36] 任旭. 我国玉米穗腐病主要致病镰孢菌多样性研究[D]. 北京: 中国农业科学院,2011.
- [37] 秦子惠,任旭,江凯,等. 我国玉米穗腐病致病镰孢种群及禾谷镰孢复合种的鉴定[J]. 植物保护学报,2014,41(5):589-596.
- [38] 卢维宏,黄思良,陶爱丽,等. 玉米穗腐病样品中层出镰刀菌的分离与鉴定[J]. 植物保护学报,2011,38(3):233-239.
- [39] 张婷,孙晓东,吕国忠. 我国东北地区玉米穗腐镰孢菌的种类及其分离频率[J]. 菌物学报,2011,9(1):9-14.
- [40] 李新风,王建明,张作刚,等. 山西省玉米穗腐病原镰孢菌的分离与鉴定[J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2012,32(3):218-223.
- [41] 郭成,魏宏玉,郭满库,等. 玉米穗腐病样品中黄色镰孢的分离鉴定及 rDNA-ITS 序列分析[J]. 草业学报,2013,22(2):171-179.
- [42] 孙华,郭宁,石洁,等. 海南玉米穗腐病病原菌分离鉴定及优势种的遗传多样性分析[J]. 植物病理学报,2017,47(5):577-583.
- [43] 孙华,张海剑,马红霞,等. 春玉米区穗腐病病原菌组成、分布及禾谷镰孢复合种的鉴定[J]. 植物病理学报,2018,48(1):8-15.
- [44] 石洁,王振营,何康来. 黄淮海地区夏玉米病虫害发生趋势与原因分析[J]. 植物保护,2005,31(5):63-65.
- [45] 郭满库,王晓鸣,何苏琴,等. 2009年甘肃省玉米穗腐病、茎基腐病的发生危害[J]. 植物保护,2011,37(4):134-137.
- [46] 宋立秋,魏利民,王振营,等. 亚洲玉米螟与串珠镰孢菌复合侵染对玉米产量损失的影响[J]. 植物保护学报,2009,36(6):487-490.
- [47] 孟庆平,姚玉臣,李振明,等. 玉米丛生苗发生规律的研究初探[J]. 玉米科学,2007,15(S1):133-134.
- [48] 郭宁,石洁,王振营,等. 玉米线虫矮化病病原鉴定[J]. 植物保护学报,2015,42(6):884-891.
- [49] 杨俊品,唐海涛,杨家秀,等. 抗玉米纹枯病材料的鉴定及抗性遗传研究[J]. 植物病理学报,2005,35(2):174-178.
- [50] 崔丽娜,李晓,杨晓蓉,等. 四川玉米纹枯病为害玉米防治适期研究初报[J]. 西南农业学报,2009,22(4):1181-1183.
- [51] 崔丽娜,张小飞,邹成佳,等. 西南地区玉米纹枯病病菌融合群鉴定和 UP-PCR 分析[J]. 植物保护学报,2015,42(6):914-920.
- [52] 夏海波,伍恩宇,于金凤. 黄淮海夏玉米纹枯病菌的融合群鉴定[J]. 菌物学报,2008,27(3):360-367.
- [53] 薛腾,傅俊俊,周如军,等. 辽宁省玉米纹枯病发生规律及防治技术[J]. 玉米科学,2008,16(1):126-128.
- [54] 董猛,檀根甲,王向阳,等. 安徽玉米病害田间调查与病原鉴定[J]. 安徽农业大学学报,2010,37(3):429-435.
- [55] 段鹏飞,刘天学,李潮海. 河南省玉米病害的发生特征和主推品种的田间抗病性鉴定[J]. 玉米科学,2010,18(2):117-120.
- [56] 刘晓馨,姚永祥,吕春波. 丹东地区玉米纹枯病日趋严重的原因及综合防治对策[J]. 辽宁农业科学,2013(5):60-61.
- [57] 王晓鸣,晋齐鸣,石洁,等. 玉米病害发生现状与推广品种抗性对未来病害发展的影响[J]. 植物病理学报,2006,36(1):1-11.
- [58] 苏前富,张伟,宋淑云,等. 2007年吉林省玉米主要病害调查及其发生趋势预测[J]. 玉米科学,2008,16(5):135-137.
- [59] 张东霞. 山西省玉米大斑病连续两年大发生原因分析及防治对策[J]. 农业技术与装备,2012(11B):18-20.
- [60] 刘杰,姜玉英,曾娟. 2012年玉米大斑病重发原因与控制对策[J]. 植物保护,2013,39(6):86-90.
- [61] 李青青,郭满库,郭成,等. 甘肃玉米主要病害发生动态调查[J]. 植物保护,2014,40(3):161-164.
- [62] 涂永海,沙本才,何月秋. 凤庆县玉米灰斑病发生规律初步研究[J]. 云南农业大学学报,2007,22(4):604-607.
- [63] 贾建云,张俊祥,吴毅歆,等. 云南省玉米灰斑病菌差异性分析[J]. 西南农业学报,2013,26(3):1014-1018.
- [64] 刘庆奎,秦子惠,张小利,等. 中国玉米灰斑病病原菌的鉴定及其基本特征研究[J]. 中国农业科学,2013,46(19):4044-4057.
- [65] 刘可杰,徐娟,徐秀德. 一种新的玉米灰斑病在我国局部地区发生[J]. 辽宁农业科学,2013(3):55-56.

- [66] 张小飞,李晓,崔丽娜,等.我国玉米灰斑病菌遗传多样性的 IS-SR 分析[J].植物保护学报,2015,42(6):908-913.
- [67] 姚丽美,王猛,马佳,等.2011—2012 年我国南方部分地区玉米病虫害发生规律初探[J].江苏农业科学,2013,41(7):98-101.
- [68] 赵立萍,王晓鸣,段灿星,等.中国玉米灰斑病发生现状与未来扩散趋势分析[J].中国农业科学,2015,48(18):3612-3626.
- [69] 刘骏,马青,于凯,等.我国玉米南方锈病发生区域和玉米品种田间抗性的研究[J].作物杂志,2009(3):71-75.
- [70] 徐永伟,于思勤,王江蓉,等.河南省玉米南方锈病暴流行原因分析及防治对策探讨[J].中国农技推广,2016,32(8):71-73.
- [71] 陈文娟,李万昌,杨知还,等.玉米抗南方锈病种质资源初步鉴定及遗传多样性分析[J].植物遗传资源学报,2018,19(2):225-231.
- [72] 白树雄,张聪,闫占峰,等.玉米田蚜虫种群的空间动态[J].应用昆虫学报,2014,51(1):661-667.
- [73] 闫占峰,王振营,何康来.棉蚜为害玉米初报[J].植物保护,2011,37(6):206-207.
- [74] 全国农业技术推广服务中心.农作物重大病虫害监测预警工作年报 2012[M].北京:中国农业出版社,2013.
- [75] 尹海峰,曹志艳,王宽,等.蚜虫危害对玉米鞘腐病发生的影响[J].河北农业大学学报,2015,38(4):86-91.
- [76] 陈志杰,张淑莲,张锋,等.陕西省夏播玉米田叶螨发生及抗性治理对策研究[J].陕西师范大学学报(自然科学版),2003,31(专辑):101-104.
- [77] 张东霞.山西省玉米叶螨加重发生原因与无害化综合治理[J].山西农业科学,2006,34(4):62-64.
- [78] 全国农业技术推广服务中心.农作物重大病虫害监测预警工作年报 2013[M].北京:中国农业出版社,2014.
- [79] 马嵩岳,王富鑫,白树雄,等.黄淮海玉米田蓟马种群动态及其空间分布研究[J].环境昆虫学报,2017,39(5):1063-1070.
- [80] 王立仁,刘斌侠,付泓.玉米田双斑长跗萤叶甲的发生为害情况与防治对策[J].陕西农业科学,2006(2):123,131.
- [81] 杨海龙,薛腾,李德会,等.辽宁玉米害虫双斑长跗萤叶甲的发生危害与防治[J].河南农业科学,2008(11):96-98.
- [82] 李虎,马德英,马江锋.新疆双斑长跗萤叶甲发生概况及研究现状[J].新疆农业科技,2016(5):35.
- [83] 张聪,葛星,赵磊,等.双斑长跗萤叶甲越冬卵在玉米田的空间分布型[J].生态学报,2013,33(11):3452-3459.
- [84] 李吉民,赵保军,刘清瑞.新乡县玉米田双斑长跗萤叶甲发生规律及防治方法[J].农业灾害研究,2015,5(4):3-4.
- [85] 黄强,李晚忱,王振营,等.玉米粗缩病研究的回顾与展望[J].玉米科学,2011,19(2):140-143.
- [86] 苏加岱,黄九柏,刘汉舒,等.黄淮海流域玉米粗缩病发生原因分析与防治对策[J].山东农业科学,2009(9):59-61.
- [87] 张晓婷,高飞,张立荣,等.河南省部分地区玉米粗缩病暴发原因分析与防治对策[J].河南农业科学,2011,40(2):100-102.
- [88] 杨海龙,付俊,张丽丽,等.辽宁省玉米粗缩病的发生与综合防治[J].种子,2014,33(3):116-118.
- [89] 王晓鸣,石洁,晋齐鸣,等.玉米病虫害田间手册[M].北京:中国农业科学技术出版社,2010.
- [90] 姜京宇,李秀芹,许佑辉,等.二点委夜蛾研究初报[J].植物保护,2008,34(3):123-126.
- [91] 王振营,石洁,董金泉.2011 年黄淮海夏玉米区二点委夜蛾暴发危害的原因与防治对策[J].玉米科学,2012,20(1):132-134.
- [92] 张尚卿,韩晓清,吴志会,等.冀东地区二点委夜蛾对夏玉米危害研究[J].玉米科学,2018,26(2):138-141.
- [93] 徐秀德,姜钰,王丽娟,等.玉米新病害—鞘腐病研究初报[J].中国农业科学,2008,41(10):3083-3087.
- [94] 王宽,曹志艳,李朋朋,等.鞘腐病发生程度与玉米倒伏及产量损失间的相关性分析[J].植物保护学报,2015,42(6):949-956.
- [95] 杨建国,王泽民.北京地区褐足角胸叶甲发生严重[J].植保技术与推广,2001,21(10):43.
- [96] 屈振刚,赵聚莹,张海剑,等.玉米新害虫褐足角胸叶甲的发生与为害特点[J].河北农业科学,2008,12(11):25.
- [97] 史云敏,王桂玲,刘梦颖,等.宝坻区玉米褐足角胸叶甲的发生与防治[J].天津农林科技,2015(5):23.
- [98] 张智,王泽民,张占龙,等.北京夏玉米田褐足角胸叶甲为害呈加重趋势[J].植物保护,2015,42(5):194-199.
- [99] 郭宁,倪璇,石洁,等.玉米麦根腐平脐蠕孢叶斑病的发生与病原鉴定[J].植物病理学报,2017,47(1):1-8.
- [100] 太红坤,白树雄,韩永连,等.一点缀螟生物学特性及其在云南德宏玉米田的为害调查[J].植物保护学报,2018,45(2):251-256.
- [101] 王磊,杨诚,刘玉升,等.玉米不同播期与玉米粗缩病发生及产量的关系研究[J].山东农业大学学报(自然科学版),2013,44(1):66-69.
- [102] 李红,沙洪林,宋淑云,等.应用足量钾肥和高效种衣剂防治玉米茎腐病的试验研究[J].吉林农业大学学报,2004,26(4):360-362.
- [103] 刘晓燕,何萍,金继运.氯化钾对玉米根系糖和酚酸分泌的影响及其与茎腐病菌生长的关系[J].植物营养与肥料学报,2008,14(5):929-934.
- [104] 李文娟,何萍,金继运,等.钾素对玉米茎髓和幼根超微结构的影响及其与茎腐病抗性的关系[J].中国农业科学,2010,43(4):729-736.
- [105] 李文娟,何萍,金继运.钾素对玉米茎腐病抗性反应中糖类物质代谢的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(1):55-61.
- [106] WANG Zhenying, HE Kanglai, ZHANG Fan, et al. Mass rearing and release of *Trichogramma* for biological control of insect pests of corn in China [J]. Biological Control, 2014, 68: 136-144.
- [107] 吴晓儒,陈硕闻,杨玉红,等.木霉菌颗粒剂对玉米茎腐病防治的应用[J].植物保护学报,2015,42(6):1030-1035.
- [108] 苏前富,王巍巍,贾娇,等.东北地区玉米种衣剂活性成分选择及其应用发展趋势[J].吉林农业科学,2015,40(3):62-64.
- [109] YU Jia, YAO Limei, CHEN Jie. A novel *Trichoderma*-based seed coating agent in controlling maize seedling stalk rot [J]. 上海交通大学学报(农业科学版),2015, 33(6):24-29.
- [110] 赵荣华,董晋鸣,陆俊姣,等.山西省玉米地下害虫优势种群及防治[J].山西农业科学,2014,43(7):729-732.
- [111] 张海剑,张全国,李彦昌,等.种衣剂包衣对二点委夜蛾的防治效果及安全性评价[J].中国植保导刊,2017,37(10):60-63.
- [112] 任美凤,陆俊姣,李大琪,等.2 种种衣剂对小地老虎幼虫毒性测定及保苗效果[J].中国植保导刊,2017,37(4):68-70.